5P

УДК 681.31

В. Резаи[1], В.П. Зинченко[1], Б.М. Шевчук[2]
[1]Национальный технический университет «Киевский политехнический институт»
Украина, 03056 Киев, пр. Победы 37, *zinchenko.vp@gmail.com, rezai.vahid@gmail.com*
[2]Институт кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины, г. Киев
Украина, 03680 МПС, г. Киев, проспект академика Глушкова, 40, *incors@ukr.net*

Реализация эффективной обработки, кодирования и передачи данных в промышленных мониторинговых сетях

V. Rezai[1], V.P. Zinchenko[1], B.M. Shevchuk[2]
[1]National Technical University "Kyiv Polytechnic Institute"
Ukraine, 03056 Kyiv, Victory Avenue 37, zinchenko.vp @ gmail.com, rezai.vahid @ gmail.com
V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of National Academy of Sciences of Ukraine
c. Kyiv Ukraine, 03680 MSP, c. Kyiv, Glushkova ave., 40, incors@ukr.net

Implementation of Efficient Processing, Coding, and Data in Industrial Monitoring Networks

В. Резаі[1], В.П. Зінченко[1], Б.М. Шевчук[2]
[1]Національний технічний університет «Київський політехнічний інститут», Україна
03056, Київ, пр. Перемоги, 37, *zinchenko.vp@gmail.com, rezai.vahid@gmail.com*
[2]Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, м. Київ
Україна, 03680 МПС, м. Київ, проспект академіка Глушкова, 40, *incors@ukr.net*

Реалізація ефективної обробки, кодування і передачі даних в промислових моніторингових мережах

Предложены эффективные методы и алгоритмы кодирования мониторинговых сигналов средствами абонентских систем промышленных беспроводных сетей, реализации оперативной обработки сигналов с шумами, выявления достоверных участков сигналов, компактного кодирования данных с допустимыми потерями информации, формирования и передачи компактных и помехоустойчивых пакетов информации.
Ключевые слова: промышленные беспроводные сети, компактное кодирование сигналов, существенные отсчеты, формирование компактных информационных пакетов.

An effective method of monitoring and encoding algorithms of signals by means of subscriber systems of industrial wireless networks, the operational signal processing with noise, identify reliable sites signals compact encoding data with acceptable loss of information, creation and transmission of compactness and robustness of information packets.
Keywords: industrial wireless networks, compact signal coding, significant samples, the formation of compact information package.

Запропоновано ефективні методи і алгоритми кодування моніторингових сигналів засобами абонентських систем промислових бездротових мереж, реалізації оперативної обробки сигналів з шумами, виявлення достовірних ділянок сигналів, компактного кодування даних з допустимими втратами інформації, формування та передачі компактних і завадостійких пакетів інформації.
Ключові слова: промислові безпровідні мережі, компактне кодування сигналів, суттєві відліки, формування компактних інформаційних пакетів.

Введение

Современное производство сложных технических объектов (СТО), к которым относятся изделия авиа-космической промышленности, высокотехнологическое оборудование, сложные машины, технологические линии, имеет разветвленную инфраструктуру, где используются системы управления технологическими процессами. Особенностью авиационной промышленности является наличие широкой номенклатуры материалов, комплектующих, изделий, которые включают детали со сложной геометрией поверхности. Это приводит к большому разнообразию контролируемых параметров и данных, подлежащих доставки на удаленный сервер предприятия. В таких условиях автоматизированного производства СТО вопросы качества производства являются главными задачами, решение которых основывается на создании и применении системы управления качеством с целью производства СТО с заданными (гарантированными) характеристиками. Для выполнения этих задач с каждого участка производства (станка, линии, испытательного участка, цеха и др.) необходимо получать достоверную информацию о комплектующих изделиях, материалов поставщиков, выполнении технологических процессов собственного производства, отдельных узлов и систем СТО, испытаний изделий СТО. Поэтому важной задачей обеспечения заданного качества производства СТО является сбор достоверных данных на всех этапах жизненного цикла изделия, оперативная доставка мониторинговых данных для принятия решения в интегрированных сетях качества производства. При этом каждая деталь, изделие, узел СТО должны сопровождаться в удаленной базе данных технологической информацией, которая подтверждает высокое качество изготовления составляющих СТО. Наличие оперативно собранной достоверной информации о составляющих СТО является основой для подтверждения качества производства СТО. Достоверная информация необходима также для принятия решения в процессе производства СТО с заданным качеством, для оперативного управления производственными процессами. Поэтому актуальной задачей мониторинга технологических процессов производства СТО является оперативная доставка достоверной информации в систему принятия решения относительно качества производства СТО на уровне предприятия, интеграция и взаимодействие с другими автоматизированными системами на основе оперативного доступа к базе данных и экспертным системам верхнего уровня системы качества производства. Эффективное решение этих задач достигается путем реализации CALS-технологии (CALS – Continuous Acquisition and Life cycle Support), основой которой является создание единого информационного пространства для всех участников жизненного цикла СТО. Поскольку при производстве СТО объекты мониторинга являются удаленными и распределенными на обширной территории, часто бывают подвижными или периодически меняют свое место нахождения в пределах территории предприятия, то для сбора, обработки и передачи данных целесообразно применять абонентские системы (АС) беспроводных сетей, установленные в местах (точках) съема мониторинговых данных, а также в местах ввода управляющих команд и формирования сигналов на исполнительные механизмы технологического оборудования.

Целью статьи является разработка методов и алгоритмов эффективного функционирования абонентских систем беспроводных систем для оперативной доставки в удаленную базу данных предприятия достоверных данных с рабочих мест производственных цехов и испытательных участков. Целесообразность установки АС беспроводных сетей в местах образования информативных данных основывается на быстром развертывании беспроводных мониторинговых сетей, основу которых образуют аппаратно-программные средства с самоорганизацией передачи пакетов информации на больших

расстояния. В результате применения таких средств обеспечивается информационная поддержка процессов сбора, обработки, кодирования и передачи мониторинговых данных на различных этапах жизненного цикла СТО, доступ пользователей (руководителей, экспертов, аудиторов, операторов) сети мониторинга качества производства к достоверным первичным данным в процессе изготовления и эксплуатации СТО.

Эффективная обработка, кодирование и передача мониторинговых данных средствами АС беспроводных промышленных сетей

Для оперативной и надежной доставки в удаленный сервер предприятия мониторинговых данных с рабочих мест, складов и испытательных участков с точек съема контролируемых сигналов и величин измерительные данные от сенсоров поступают в процессорный модуль АС беспроводных сетей. Контролируемые данные в виде пакетов информации средствами АС передаются к ресурсам оптоволоконных и кабельных компьютерных сетей. В случае большой удаленности точек съема информации средствами АС пакеты мониторинговых данных ретранслируются в режиме «от соседа к соседу», при этом для надежности связи соседние АС могут формировать различные пути доставки пакетов к удаленным точкам доступа стационарной сети. Функционирование многоуровневой сети мониторинга качества производства основывается на реализации клиент-серверных и Интернет/интранет-технологий эффективного доступа удаленных пользователей к разнородной информации, полученной на разных этапах жизненного цикла СТО. Поскольку АС нижнего уровня сети контроля качества производства должны быть мобильными, компактными и доступными для широкого применения, то в качестве радиоканалов целесообразно использовать безлицензионные радиоканалы ISM диапазона частот (ISM – Industrial, Scientific, Medical: 433, 868, 902-928 (для США), 2400МГц). Основная проблема оперативной доставки контролируемых данных состоит в реализации помехоустойчивой передачи пакетов информации к средствам сети Интернет.

Учитывая ограниченную производительность процессоров мобильных АС с автономным питанием для повышения эффективности информационных технологий обеспечения качества производства в местах образования информационных потоков, подлежащих мониторингу, целесообразна реализация методов и алгоритмов оперативной фильтрации, компактного кодирования сигналов, помехоустойчивого кодирования массивов данных, подлежащих накоплению и передаче. При вводе данных в процессе фильтрации сигналов необходимо обеспечить контроль достоверности отсчетов сигналов, при этом для реализации оперативных алгоритмов обработки и кодирования первичных данных следует отдать преимущество адаптивным методам фильтрации и сжатии сигналов [1], [2], методам помехоустойчивого кодирования данных с применением кодов Рида-Соломона, турбокодов [3]. Поскольку ввод мониторинговых данных от промышленных объектов сопровождается помехами в измерительных цепях устройств ввода и усиления сигналов, которые искажают информативные участки последних, достоверную информацию о поведении объектов мониторинга необходимо получать путем непрерывного или прерывистого ввода сигналов, вычисления информативных показателей сигналов и слежения за динамикой измеренных и вычисленных показателей и величин. Первичные информационные потоки на АС существенно зависят от требований к метрологическим характеристикам аппаратуры усиления, аналоговой фильтрации и аналого-цифрового преобразования сигналов.

Уменьшение информационных потоков без потерь по точности возобновления огибающих сигналов базируется на применении в составе средств АС сложных и дорогостоящих фильтров нижних частот (ФНЧ), аналого-цифровых преобразователей (АЦП) и сложных методов цифровой фильтрации сигналов, сжатия и аппроксимации отсчетов сигналов. Это связанно с тем, что частота дискретизации сигналов является функцией многих параметров. Для многоканального устройства ввода и преобразования сигналов справедливо выражение:

$$f_{\partial}^{n} = \varphi(f_{\max}^{l}, n, P^{l}, m^{l}, k, A_{\max}^{l}, A_{\min}^{l}, \delta_{s}^{l}, q_{\max}^{l}),$$

где f_{∂}^{n} – частота дискретизации n-канального АЦП; $f_{\max}^{l}$ – максимальная частота l-го сигнала с наиболее высокочастотной информативной составляющей ($l \le n$), k – коэффициент повышения частоты дискретизации l – го сигнала в зависимости от типа P^{l} и порядка m^{l} l-го ФНЧ, значения размаха пульсаций $A_{\max}^{l}$ в полосе пропускания ФНЧ и значения подавления $A_{\min}^{l}$ сигнала в полосе подавления ФНЧ, δ_{s}^{l} – суммарная относительная ошибка тракта ввода и обработки l-го канала ввода первичных данных, $q_{\max}^{l}$ – максимальное количество двоичных бит для кодирования l-го сигнала.

Анализ зависимости $f_{\partial} = \varphi(q_{\max})$ [4] при использовании несложных ФНЧ ($m \le 3$) показывает, что за получение точной информации необходимо платить повышенными информационными потоками, т.е. частота дискретизации сигнала $f_{\partial} = 2 \cdot k \cdot f_{\max}$ должна значительно превышать частоту дискретизации Котельникова, где $k \ge 8...10$ при $q_{\max} = 8...12$ бит. На практике $k = f(q_{\max}, \delta_{in}^{N}, P^{j}, m^{j})$ и выбирается в больших пределах в зависимости от условий ввода первичных сигналов, поставленных задач дистанционного мониторинга (высокоточное кодирование и передача мониторинговых сигналов, оптимизированная передача данных, передача результатов экспресс-анализа данных), где δ_{in}^{N} – оценка величины входного соотношения сигнал/шум при вводе данных. Для оперативного, точного и компактного кодирования сигналов целесообразно выделять ключевые, наиболее информативные (существенные) отсчеты сигналов. С целью уменьшения информационных потоков в процессе сжатия сигналов целесообразно определять точность кодирование существенных отсчетов сигналов [1], [2], к которым относятся экстремумы и точки перегиба огибающей сигнала. На участках сигнала, для которых в процессе фильтрации были обнаружены значительные по амплитуде высокочастотные шумы, нет смысла кодировать амплитудные значения существенных отсчетов (СО) максимальным значением бит $q_{\max}$. В этом случае для компактного кодирования достаточно использовать значение $q = q_{\min}$, которое задается исследователем (например, $q_{\max} = 12$, $q_{\min} = 8$; $q_{\max} = 10$, $q_{\min} = 7$). Значительным резервом уменьшения информационных потоков в беспроводных сетях является выбор частоты опроса измерительных сигналов в зависимости от текучих динамических характеристик сигнала и качества ввода данных, т.е. от показателя δ_{in}^{N} [1]. На практике задача адаптивной обработки и компактного кодирования сигналов сводится к минимизации количества СО и качества их кодирования в зависимости перечисленных выше факторов. Поэтому для минимизации первичных потоков достоверных данных на каждой АС беспроводной сети выбор оптимальной частоты дискретизации $f_{\partial опт}$ и количества бит $q^{j} = \lceil \log_2 A_{\max}^{j} / A_{\min}^{j} \rceil$ осуществляется с учетом анализа зависимости

$f_{допт} = \varphi(K_{сж\min}, \delta_{in}^{N}, \Delta X_i^F)$, где $K_{сж\min}$ – минимально необходимый коэффициент сжатия сигналов, ΔX_i^F – текущее приращение отфильтрованного сигнала, $q^j = \varphi(\delta_{in}^{N})$. Следует отметить, что в процессе сжатия сигналов с допустимыми потерями информации компактные данные следует сопровождать служебной информацией, которая характеризует качество ввода данных и позволяет оптимизировать обработку данных: чистые от помех участки сигналов кодируются с повышенной частотой опроса и с максимальным количеством бит АЦП, а участки сигналов с шумами фильтруются упрощенными методами, прореживаются и кодируются минимальным количеством бит.

Для компактного кодирования битовых данных СВ мониторинговых сигналов на отфильтрованной кривой в местах изменения динамики огибающей (на переходах различных значений текущей крутизны сигнала) целесообразно определять амплитудно-временные параметры СВ, при этом экстремумы определяются путем анализа изменения знаков величины ΔX_i^F, а точки перегиба – путем анализа изменения знаков $\Delta(\Delta X_i^F - \Delta X_{i-1}^F)$. Сжатие сигналов осуществляется последовательными выборками и на первом этапе обработки входных отсчетов с шумами X_i^N, $i = 1,2,3,...$ – номер текущего отсчета, осуществляется скользящее сглаживание входных отсчетов. Оперативное определение качества кодирования текущих СО (с $q = q_{\min}$ или $q = q_{\max}$) осуществляется в зависимости от величины $\delta_{in}^{N} = \Delta X_i^N$: при $\Delta X_i^N > k_a \cdot A_{\min}$ $q = q_{\min}$, при $\Delta X_i^N \le k_a \cdot A_{\min}$ $q = q_{\max}$, где $k_a \ge 1$, $\Delta X_{COi}^N = \left| X_i^N - X_{COi}^F \right|$, X_{COi}^F – амплитудное значение отфильтрованного сигнала в точке существенного отсчета (существенного отсчета – экстремума (СО-Е) или существенного отсчета – точки перегиба (СО-ТП)). Для повышения коэффициента сжатия данных на низкочастотных «зашумленных» участках сигнала между удаленными экстремумами формируются промежуточные СВ не чаще, чем через m отсчетов сигнала, где $m > k$. При наличии высокочастотных участков сигнала, например, когда $\Delta X_i^F > \Delta X_{доп}^F$, $\Delta X_{доп}^F > \Delta X_{\max}^F / 2$, точки перегиба огибающей сигнала не определяются как существенные отсчеты. Выражение для формирования булевых признаков существенности/несущественности отсчетов T_i (1/0) имеет следующий вид

$$T_i = \begin{cases} 1, X_i^F = X_{CO-Э}^F, \delta_{in}^N \le k_a \cdot A_{\min}, q = q_{\min}, \\ 1, X_i^F = X_{CO-Э}^F, \delta_{in}^N > k_a \cdot A_{\min}, q = q_{\max}, \\ 1, i = \overline{1, m}, m > 1, \\ 0, X_i^F = X_{CO-ТП}^F, \Delta X_i^F > \Delta X_{доп}. \end{cases}$$

Повышение эффективности передачи информации в беспроводных сетях достигается за счет уменьшения количества передач пакетов, уменьшения времени передачи пакетов при их повышенной информационной емкости [4], [5]. Поскольку уровень шумов в радиоканале изменяется в больших пределах, то для реализации успешной передачи пакетов при достижении максимальной скорости передачи данных аппаратно-программные средства АС должны поддерживает необходимое энергетическое соотношение сигнал/шум $(E_{is} / N_0)_н$, которое соответствует отношению энергии информационного сигнала $E_{is} = S \cdot T_{is}$ к спектральной мощности шума $N_0 = N / F$, где S – мощность сигнала, T_{is} – продолжительности сигнала, N – мощность шума, F – рабочая полоса частот радиоканала. При заданных величинах F и вероятности

ошибочного приема дискретного сигнала $P_{ош}$ текущая скорость передачи информации $R = f(F,(E_{is}/N_0)_н, B)$, где $B = F \cdot T_{is}$ – база сигнала (коэффициент расширения спектра сигнала). Таким образом, с учетом реализации сжатия данных, эффективной и помехоустойчивой передачи пакетов информации за счет помехоустойчивого кодирования данных [3], перемешивания данных и адаптивного выбора базы шумоподобных сигналов, соответствующие n-битовым последовательностям пакетов данных, где $n = 1,2,3,4$, достигается надежная передача (доставка) мониторинговых данных в сетях контроля качества производства СТО. Адаптация к уровню помех в радиоканале осуществляется следующим образом: АС-отправитель пакета, после захвата радиоканала, передает пакет-запрос с шумоподобными сигналами с разной базой (например, минимальной, средней, максимальной). АС-приемник запросного пакета, успешно принявший пакет с соответствующей базой B, отвечает коротким пакетов, в котором уведомляет о минимально необходимой базе сигналов, с которой осуществляется передача длинных пакетов. В пакетах-квитанциях передается информация о коррекции или сохранении базы сигналов. Текущую скорость передачи информации можно определить, как количество бит за секунду, которые передаются на протяжении интервала занятости радиоканала $T_з = T_{ИП} + T_{ПК}$. Поэтому выходные потоки достоверных мониторинговых данных существенно зависят от условий ввода информации, точности их кодирования, степени сжатия, текущего уровня шумов в канале связи.

Выводы

Основой достижения высокого качества производства СТО является сбор и передача в центральную базу данных предприятия достоверной информации на всех этапах жизненного цикла изделия, при этом каждая деталь, изделие, узел СТО должны сопровождаться в удаленной базе данных технологической информацией. Поскольку объекты мониторинга бывают подвижными или периодически меняют свое место нахождения, то для сбора, обработки и передачи данных целесообразно применять АС беспроводных сетей, установленные в местах съема мониторинговых данных, а также в местах ввода управляющих команд. Учитывая промышленные помехи, достоверную информацию о поведении объектов мониторинга необходимо получать путем непрерывного или прерывистого ввода сигналов, вычисления информативных показателей сигналов и слежения за динамикой измеренных и вычисленных показателей и величин. Для оперативного, точного и компактного кодирования сигналов целесообразно выделять ключевые, наиболее информативные (существенные) отсчеты сигналов, к которым относятся экстремумы и точки перегиба огибающей сигнала. На участках сигнала, для которых в процессе фильтрации были обнаружены значительные по амплитуде высокочастотные шумы, амплитудные значения СО кодируются минимальным количеством бит АЦП. Значительным резервом уменьшения информационных потоков в беспроводных сетях является выбор частоты опроса измерительных сигналов в зависимости от текучих динамических характеристик сигнала и качества ввода данных. В процессе сжатия сигналов с допустимыми потерями информации компактные данные следует сопровождать служебной информацией, которая характеризует качество ввода данных и позволяет оптимизировать обработку данных. Эффективная передача пакетов мониторинговых данных достигается за счет сжатия и помехоустойчивого кодирования данных, а также перемешивания данных и адаптивного выбора базы шумоподобных сигналов, соответствующие n-битовым последовательностям пакетов данных, где $n = 1,2,3,4$.

Список литературы

1. Резаї В. Алгоритми підвищення ефективності функціонування систем забезпечення якості виробництва складних об'єктів / В. Реза // Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології : збірник наукових праць. – Харків : Нац. Аерокосм. Ун-т «ХАІ», 2009. – Випуск 44. – С. 127-144.
2. Резаї В. Обробка, кодування та передача інформації в процесі моніторингу якості виробництва / Вахід Резаї // Проблемно-наукові міжгалузеві конференції «Інформаційні проблеми комп'ютерних систем юриспруденції, економки та моделювання (ПНМК-2009)» : зб. наукових праць. – Бучач, 2009. – С. 42-46.
3. Буров В.А.. Исследования методов помехоустойчивого кодирования информации для систем микроспутника / [В.А. Буров, Зинченко В.П., Зинченко С.В., Резаи В. и др.] // Компьютерная математика. – 2009. – № 2. – С. 62-71.
4. Шевчук Б.М. Технологія багатофункціональної обробки і передачі інформації в моніторингових мережах / Б.М. Шевчук, В.К. Задірака, Л.О. Гнатів, С.В. Фраєр. – К. : Наук. думка, 2010. – 370 с.
5. Резаї В. Створення бездротових мереж моніторингу промислового виробництва / В. Резаї // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. – 2009. – № 8. – С. 90-96.

References

1. Rezaï V. algorithm pidvischennya efektivnosti funktsionuvannya systems zabezpechennya yakosti virobnitstva folding ob'єktiv / V. Rezaï / / Vidkriti informatsiyni that komp'yuterni integrovani tehnologiï: Collection of scientific works - Kharkiv. : Nat. Aєrokosm. Univ "HAI", 2009. - Preview Issue 44. - S. 127-144.
2. Rezaï V. Obrobka, koduvannya that transfer informatsiï in protsesi monitoringu yakosti virobnitstva / Vahid Rezaï // Collection of scientific works - Problem-naukovi mizhgaluzevi konferentsiï "Informatsiyni problemi Komp'yuterniy systems yurisprudentsiï, ekonomki that modelyuvannya (TIA-2009)." Bucac 2009. Pp. 42-46.
3. Burov VA. Studies error-correcting coding methods for information systems, micro / /. VA Burov, Zinchenko VP Zinchenko SV, Rezai V., et al / Computer matematika.2009, № 2, p.62-71.
4. Shevchuk BM Tehnologiya bagatofunktsionalnoï obrobki i peredachi informatsiï in monitoringovih trammel / BM Shevchuk, VK Zadiraka, LO Gnativ, SV Fraєr - K.: Science. Dumka, 2010.-370S.
5. Rezaï V. Stvorennya Wireless trammel monitoringu Promyslova virobnitstva / V. Rezaï / / Komp'yuterni Zasoba, Merezhi that system. - 2009. - № 8. - S. 90-96.

RESUME

V. Rezai, V.P. Zinchenko, B.M. Shevchuk

Implementation of Efficient Processing, Coding, and Data in Industrial Monitoring Networks

Background: The paper proposes efficient methods and algorithms compact coding and packet monitoring data in wireless networks for industrial use.
The article aims at the development of methods and algorithms for efficient functioning abonentskih systems wireless systems for timely delivery to the remote database with Enterprise reliable data Working places of production facilities and test sites.
Materials and methods: For prompt, accurate and compact signal coding realized adativnaya signal filtering based on a sliding sgladivaniya counts with adaptive averaging window, applied differential encoding significant signal samples are generated information packets with variable base noise-like signals.
Results: To obtain reliable information to highlight key proposed, the most informative (significant) signal samples, which include extremes and the inflection point of the signal envelope. Plots encoded signals with noise less significant iotchetov that fewer bits are encoded. Compact data samples are accompanied by significant overhead, which characterizes the quality of data entry. For efficient packet transmission proposed noiseless compression and data encryption, data mixing and selection of the adaptive noise-base signal corresponding to a multi-bit sequences of data packets.
Conclusion: Rapid collection and transmission of reliable information from different parts of the production is achieved by means of wireless subscriber systems that provide generation and transfer, compact, error-correcting packets minimum duration.

Статья поступила в редакцию 13.05.2014.